

Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von  
Flächen von Elementen und insbesondere von  
Optischen Elementen bzw. Werkstücken

5

## BESCHREIBUNG

10

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von Flächen von Elementen und insbesondere von optischen Elementen bzw. Werkstücken.

15

## Stand der Technik

20

25

30

Zur abrasiven Bearbeitung von Flächen, wie sie beispielsweise für die Herstellung von optischen Elementen, wie Linsen, Prismen, planparallelen Platten etc., aber auch von Formen für das Gießen oder das Pressen optischer Elemente erforderlich ist, sind die verschiedensten Verfahren und Vorrichtungen bekannt. Bei vielen der bekannten Verfahren bzw. Vorrichtungen wird die zu bearbeitende Fläche mit kontaktierenden Werkzeugen, wie z.B. Teller-Schleifern, Kugelschleifern etc. zunächst einem Schleifvorgang sowie ggf. einem Feinschleifvorgang und anschließend mit einem Polierwerkzeug einem Poliervorgang unterzogen. An Stelle von Schleifvorgängen ist es auch bekannt, die Flächen auf einer Drehbank mit einem geeigneten Drehmeißel einem Drehvorgang zu unterziehen oder ein anderes spanabhebendes Verfahren anzuwenden. Die meisten Bearbeitungsvorgänge, bei denen vergleichsweise viel Material abgetragen wird, erfordern zumindest dann, wenn optische Flächen hergestellt

werden sollen, abschließend ein Polieren der Fläche.  
Das Polieren erfolgt nach dem Stand der Technik bei  
sphärischen Flächen großflächig mit einem Polierteller.

- 5 Probleme ergeben sich bei den herkömmlichen Verfahren  
und Vorrichtungen immer dann, wenn asphärische Flächen  
hergestellt werden sollen. Die Herstellung asphärischer  
Flächen erfolgt nach dem Stand der Technik mit Werkzeugen  
wie Kugelschleifern, die einen mehr oder weniger  
10 punktförmigen Eingriff mit der zu bearbeitenden Fläche  
haben und die längs einer Bahn über die zu bearbeitende  
Fläche geführt werden. Je nach Ausbildung des Werkzeugs  
wird die Fläche dabei geschliffen oder poliert. Aus  
Zeit- bzw. Kostengründen werden allerdings asphärische  
15 Flächen häufig nur bahnförmig geschliffen; das Polieren  
erfolgt dann nicht bahnförmig, sondern großflächig.  
Insbesondere dann, wenn die Asphärizität vergleichsweise  
groß ist, wie dies beispielsweise bei progressiven  
Brillengläsern der Fall ist, ergibt sich durch das flä-  
20 chige Polieren ein mehr oder weniger großer Polierfehler,  
der durch entsprechende Fertigungsvorhalte bei den  
vorangehenden Bearbeitungsvorgängen kompensiert werden  
muss.
- 25 Weiterhin ist es bekannt, Flächen von Werkstücken und  
insbesondere von optischen Elementen mit Fluidstrahlen  
zu bearbeiten. Die hierfür vorgeschlagenen Vorrichtungen  
sind jedoch vergleichsweise aufwendig und erlauben  
auf Grund der mehr oder weniger punktförmigen Bearbei-  
30 tung der Fläche dennoch keine schnelle Herstellung der  
Flächen.

**Darstellung der Erfindung**

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von Flächen und insbesondere zum Schleifen und/oder Polieren von Flächen von optischen Elementen anzugeben, die eine schnelle Bearbeitung der Flächen unabhängig von der Form der jeweils bearbeiteten Fläche erlaubt.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 10. In den Ansprüchen 11 bis 14 sind mögliche Verwendungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung beansprucht.

Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von Flächen und insbesondere zum Schleifen und/ oder Polieren von optischen Elementen ein Werkzeug auf, das einen Fluid-Einlass und einen Fluid-Auslass hat. Eine Zuführeinheit fördert zu dem Fluid-Einlass eine Flüssigkeit, in der abrasive Mittel gelöst sind. Diese Flüssigkeit strömt durch das Werkzeug zu einem Auslass, durch den sie aus dem Werkzeug austritt. Erfindungsgemäß wird dieses Werkzeug durch eine Positioniereinrichtung derart relativ zu der zu bearbeitenden Fläche positioniert, dass der Auslass, aus dem die Flüssigkeit austritt, der zu bearbeitenden Fläche insbesondere mit einem geringen Abstand gegenüber liegt. Dabei ist entscheidend, dass die Fläche des durch die Begrenzungswände des Auslasses und durch die zu bearbeitende Fläche gebildeten Ringspaltes kleiner als die Querschnittsfläche des Einlasses ist. Hierdurch tritt die Flüssigkeit, in der abrasive Mittel gelöst sind,

mit einem wesentlich höheren Druck als dem Druck, mit dem sie in den Einlass einströmt, durch den Ringspalt radial zum Werkzeug aus. Durch die radial ausströmende Flüssigkeit erfolgt die Bearbeitung der Fläche des Werkstücks. Je nach der Art der in der Flüssigkeit gelösten abrasiven Mittel wird die Fläche im Bereich des Ringspaltes und damit linienförmig schleifend oder polierend bearbeitet. Durch die linienförmige Bearbeitung wird die Bearbeitungszeit im Vergleich zu den bekannten Verfahren bzw. Vorrichtungen, bei denen ein im wesentlichen punktförmiger Eingriff zwischen Werkzeug und Werkstück besteht, um Größenordnungen verkürzt.

Das Verhältnis des Drucks, mit dem die Flüssigkeit in das Werkzeug einströmt, zu dem Druck, mit dem die Flüssigkeit aus dem Ringspalt austritt, ist dabei umgekehrt proportional zum Verhältnis der Querschnittsfläche des Einlasses zur Querschnittsfläche des gebildeten Ringspaltes. Dies bedeutet, dass der "Bearbeitungsdruck" durch die Positionierung des Werkzeugs relativ zum Werkstück - anders ausgedrückt durch die Einstellung der Höhe des Ringspaltes - eingestellt werden kann, ohne dass der Druck, mit dem die Zuführeinheit die Flüssigkeit fördert, geändert werden müsste.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist dabei, dass einlassseitig mit vergleichsweise niedrigen Drücken gearbeitet werden kann: insbesondere kann die Zuführeinheit die Flüssigkeit mit einem Druck kleiner 20 bar, bevorzugt kleiner 5 bar, ggf. sogar nur mit Atmosphärendruck fördern. Für eine für den Bearbeitungsvorgang und die Bearbeitungsgeschwindigkeit vorteilhafte Druck-

erhöhung ist es bevorzugt, wenn die Querschnittsfläche des Einlasses wenigstens um den Faktor fünf größer als die Querschnittsfläche des gebildeten Ringspaltes ist. Dabei ist es weiterhin bevorzugt, wenn die Höhe des gebildeten Ringspaltes kleiner als 3 mm ist und insbesondere etwa 1 mm beträgt.

In jedem Falle ist es von Vorteil, wenn die Positioniereinrichtung eine Steuereinheit aufweist, die die Positionierung des Werkzeuges entsprechend den Flächen-  
daten der herzustellenden Fläche steuert. Bevorzugt ist es, wenn die Positionierung des Werkzeugen dabei so erfolgt, dass die Höhe des Ringspaltes während der Verschiebung längs der jeweiligen Bahnen konstant bleibt.

Die Positioniereinrichtung kann das Werkzeug prinzipiell längs beliebiger Bahnen relativ zum Werkstück, d. h. zu der zu bearbeitenden Fläche verschieben. Beispielsweise kann die Bahn eine mäanderförmige Bahn sein, wobei entweder das Werkzeug oder das Werkstück oder beide bewegt werden.

Ferner kann eine gleichzeitige Verschiebung des Werkzeuges und des Elements, von dem eine Fläche bearbeitet werden soll, erfolgen. Im Falle rotationssymmetrischer Flächen oder nur geringfügig von der Rotationssymmetrie abweichender Flächen ist es bevorzugt, wenn das Werkzeug längs Bahnen bewegt wird, die durch den Flächenscheitel verlaufen und gleichzeitig das Werkstück bzw. das zu bearbeitende Element von einer Dreheinheit um eine Achse gedreht wird, die insbesondere die Rotationsachse der herzustellenden Fläche ist.

Um eine homogene Bearbeitung der Fläche längs des Ring-  
spaltes zu erreichen, ist es ferner bevorzugt, wenn der  
Auslass einen kreisförmigen Querschnitt hat, und das  
5 Werkzeug zumindest im Bereich des Auslasses eine  
(kreis)-zylindrische Außenkontur aufweist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfin-  
dung wird dadurch, dass die Querschnittsfläche des Ein-  
10 lasses kleiner als die des Auslasses ist, erreicht,  
dass eine Bearbeitung der Fläche nur linienförmig (bzw.  
kreisringförmig) im Bereich des Ringspaltes und nicht  
auch im Zentrum des Auslasses erfolgt.

15 Weiterhin ist es bevorzugt, wenn die Größe des Werk-  
zeugs der Form der zu bearbeitenden Fläche angepasst  
ist:

Zur Bearbeitung von planen Flächen kann der Außendurch-  
20 messer des Werkzeugs im Bereich des Auslasses in der  
Größenordnung der halben Apertur des optischen Elements  
liegen, so dass eine sehr schnelle Bearbeitung der Flä-  
che bei größtmöglicher Homogenität des Bearbeitungsvor-  
25 ganges erreicht wird. Bei der Bearbeitung von gekrümm-  
ten Flächen liegt bevorzugt der Außendurchmesser des  
Werkzeugs in der Größenordnung des kleinsten Radius  
(kleinster Hauptkrümmungsradius) der Fläche; hierdurch  
wird sichergestellt, dass die Höhe des Ringspaltes über  
den gesamten gebildeten Ringspalt praktisch konstant  
30 ist.

In jedem Falle ist es jedoch besonders bevorzugt, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bearbeitung von asphärischen Flächen eingesetzt wird.

## 5 **Kurze Beschreibung der Zeichnung**

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der  
10 Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung bei der Be-  
15 arbeitung einer planen Fläche,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung bei der Be-  
arbeitung einer gekrümmten und insbesondere  
asphärischen Fläche.

20

## **Darstellung eines Ausführungsbeispiels**

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, von der lediglich das Werkzeug 1 dargestellt ist, bei der Bearbeitung einer planen Fläche 21 eines Werkstücks 2, das  
25 ohne Beschränkung der Allgemeinheit eine planparallele Platte ist. Das Werkzeug 1 weist einen Einlass 11 und einen Auslass 12 auf, dessen Querschnittsfläche größer ist als die des Einlasses 11. Eine nicht dargestellte Zuführeinheit fördert eine Flüssigkeit, in der abrasive  
30 Mittel, wie Schleifmittel oder Poliermittel gelöst sind, in den Einlass 11 des Werkzeugs 1. Das Werkzeug 1 wird von einer nicht dargestellten Positioniereinheit

derart relativ zum Werkstück 2 positioniert, dass zwischen den Begrenzungswänden 13 des Auslasses 12 und der Fläche 21 ein Ringspalt 3 gebildet wird, dessen Querschnittsfläche kleiner und bevorzugt wesentlich kleiner als die Querschnittsfläche des Einlasses 11 ist. Hierdurch wird der Druck, mit dem die Flüssigkeit aus dem Ringspalt 3 austritt, um das Verhältnis der Querschnittsflächen des Einlasses 11 und des Ringspaltes 3 erhöht. Der für die Bearbeitung der Werkstück-Oberfläche 21 wirksame Druck ist damit wesentlich größer als der Förderdruck.

Die nicht dargestellte Positioniereinrichtung verschiebt das Werkzeug 1 parallel zur Oberfläche des Werkstücks 2, während eine ebenfalls nicht dargestellte Dreheinheit das Werkstück 2 um eine Achse 22 dreht, so dass der linienförmige Eingriff längs des Ringspaltes 3 so über das Werkstück 2 verschoben wird, dass die gesamte Fläche 21 gleichmäßig bearbeitet, beispielsweise poliert wird.

Der Durchmesser des Werkzeugs 1 liegt in der Größenordnung des Radius des Werkstücks 2.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung bei der Bearbeitung einer gekrümmten und insbesondere asphärischen Fläche 21' eines Werkstücks 2. Gleiche Teile sind dabei mit den selben Bezugszeichen versehen, so dass auf eine erneute Vorstellung verzichtet wird. Der Durchmesser des Werkzeugs 1 liegt in der Größenordnung des kleinsten Radius der asphärischen Fläche 21'. Die ebenfalls nicht dargestellte Positioniereinheit ver-



Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann zum Bearbeiten beliebiger Flächen von Elementen bzw. Werkstücken eingesetzt werden, die aus prinzipiell beliebigen Materialien bestehen können. Beispielsweise kann die erfindungsgemäße Vorrichtung aufgrund der hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit zur Bearbeitung von Turbinenschau-  
 5 feln aus Stahl eingesetzt werden.

Besonders bevorzugt ist jedoch die Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Schleifen und/oder Polieren optischer Flächen. Die jeweiligen Elemente können dabei im Falle von Linsen, Prismen, planparallelen Platten etc. - d.h. direkt hergestellter optischer Elemente - aus Quarz, einem optischen Glas oder einem  
 10 Kunststoffmaterial bestehen; sollen Formen für das Gießen und/oder Pressen etc. von optischen Elementen hergestellt werden, können die Elemente auch aus einem Metall, wie Stahl, oder einem keramischen Material bestehen.  
 15

20 Da die Art des Abtrags im wesentlichen nicht von der Ausbildung des Werkzeugs, sondern von der Art der eingesetzten Flüssigkeit bzw. des (der) in der Flüssigkeit gelösten abrasiven Mittels (Mittel) abhängt, kann ein- und dieselbe Vorrichtung nacheinander zum Schleifen,  
 25 gegebenenfalls Feinschleifen und abschließend zum Polieren eines Elements bzw. Werkstücks in ein- und derselben Aufspannung eingesetzt werden. Der Wechsel zwischen den einzelnen Bearbeitungsarten bedingt dann lediglich einen Austausch bzw. Wechsel des jeweils ver-  
 30 wendeten Bearbeitungsfluids.

schiebt das Werkzeug 1 längs Bahnen, die durch den Scheitel der Fläche 21' verlaufen. Gleichzeitig wird das Werkstück 2 um eine durch den Scheitel verlaufende Rotationsachse 22 gedreht.

5

Vorstehend ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens beschrieben worden.

10

PATENTANSPRÜCHE

- 5     1.     Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von Flächen  
         von Elementen mit
- einem Werkzeug, das einen Einlass und einen  
         Auslass aufweist,
  - 10     -       einer Zuführeinheit, die zu dem Einlass eine  
         Flüssigkeit fördert, in der abrasive Mittel  
         gelöst sind, und die aus dem Auslass aus-  
         tritt, und
  - 15     -       einer Positioniereinrichtung, die das Werk-  
         zeug über die zu bearbeitende Fläche führt  
         und dabei derart positioniert, dass der Aus-  
         lass der zu bearbeitenden Fläche gegenüber  
         liegt, wobei die Fläche des durch die Begren-  
         zungswände des Auslasses und die zu bearbei-  
         tende Fläche gebildeten Ringspaltes kleiner  
20     als die Querschnittsfläche des Einlasses ist.
2.     Vorrichtung nach Anspruch 1,  
         dadurch **gekennzeichnet**, dass die Querschnittsflä-  
         che des Einlasses wenigstens um den Faktor fünf  
25     größer als die Querschnittsfläche des gebildeten  
         Ringspaltes ist.
3.     Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
         dadurch **gekennzeichnet**, dass die Höhe des gebilde-  
         ten Ringspaltes kleiner als 3 mm ist und bevorzugt  
30     etwa 1 mm beträgt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Dreheinheit vor-  
gesehen ist, die das zu bearbeitende Element um  
eine Achse dreht.  
5
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass der Auslass einen  
kreisförmigen Querschnitt hat, und  
dass das Werkzeug zumindest im Bereich des Auslas-  
ses eine zylindrische Außenkontur aufweist.  
10
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Querschnittsflä-  
che des Einlasses kleiner als die des Auslasses  
ist.  
15
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Zuführeinheit die  
Flüssigkeit mit einem Druck kleiner 20 bar, bevor-  
zugt kleiner 5 bar fördert.  
20
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Bearbeitung von  
planen Flächen der Außendurchmesser des Werkzeugs  
im Bereich des Auslasses in der Größenordnung der  
halben Apertur des optischen Elements liegt.  
25
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass bei der Bearbeitung  
von gekrümmten Flächen der Außendurchmesser des  
Werkzeugs in der Größenordnung des kleinsten Radi-  
us der Fläche liegt.  
30

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch **gekennzeichnet**, dass die Positionierein-  
richtung eine Steuereinheit aufweist, die die Po-  
5 sitionierung des Werkzeuges entsprechend den Flä-  
chendaten der herzustellenden Fläche steuert.
11. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der An-  
sprüche 1 bis 10 zum Schleifen optischer Flächen.  
10
12. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der An-  
sprüche 1 bis 10 zum Polieren optischer Flächen.
13. Verwendung einer einzigen Vorrichtung nach einem  
15 der Ansprüche 1 bis 10 zunächst zum Schleifen und  
anschließend zum Polieren einer optischen Fläche.
14. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der An-  
sprüche 1 bis 10 zur Bearbeitung von asphärischen  
20 Flächen.

### ZUSAMMENFASSUNG

- 5 Beschrieben wird eine Vorrichtung zur abrasiven Bearbeitung von Flächen von Elementen mit
- einem Werkzeug, das einen Einlass und einen Auslass aufweist,
  - einer Zuführeinheit, die zu dem Einlass eine  
10 Flüssigkeit fördert, in der abrasive Mittel gelöst sind, und die aus dem Auslass austritt, und
  - einer Positioniereinrichtung, die das Werkzeug über die zu bearbeitende Fläche führt und dabei  
15 derart positioniert, dass der Auslass der zu bearbeitenden Fläche gegenüber liegt, wobei die Fläche des durch die Begrenzungswände des Auslasses und die zu bearbeitende Fläche gebildeten Ringspaltes kleiner als die Querschnittsfläche des Einlasses ist